

**SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS E ÍNDICES DE EFECTIVIDAD
EN LA HAS-200**

ERIKA MILENA HIGUERA CASTRO
Código: 062121129
MANUEL DARÍO NOVOA ROJAS
Código: 062112034

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2017**

**SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS E ÍNDICES DE EFECTIVIDAD
EN LA HAS-200**

ERIKA MILENA HIGUERA CASTRO
Código: 062121129
MANUEL NOVOA ROJAS
Código: 062112034

Director del proyecto:
ING. EVER ANGEL FUENTES ROJAS MBA

UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2017

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. PRELIMINARES	9
1.1 ANTECEDENTES	9
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.4 OBJETIVOS	25
1.5 POBLACIÓN OBJETIVO	26
1.6 MARCO REFERENCIAL	26
1.6.1 MARCO TEÓRICO	26
1.6.2 MARCO CONCEPTUAL	35
1.6.3 MARCO LEGAL	38
1.7 MARCO METODOLÓGICO	38
2. DIAGNÓSTICO	45
3. CARACTERIZACIÓN	47
4. VARIABLES	56
5 PARÁMETROS	57
6. APLICATIVO	58
7. BIBLIOGRAFÍA	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes	8
Tabla 2. Productos fabricados	14
Tabla 3. Análisis periodos	21
Tabla 4. Marco normativo	38
Tabla 5. Marco metodológico	40
Tabla 6. Diagnóstico	43
Tabla 7. HAS-201	45
Tabla 8. Módulo multicolor HAS-201	45
Tabla 9. HAS-202, 203 y 204	46
Tabla 10. Módulos de producción HAS-202-203-204	46
Tabla 11. HAS-205	47
Tabla 12. HAS-206	47
Tabla 13. Módulos de control de calidad HAS-205-206	47
Tabla 14. HAS-207	48
Tabla 15. Módulo de tapado HAS-207	48
Tabla 16. HAS-209	49
Tabla 17. Módulo de almacenamiento HAS-209	49
Tabla 18. HAS-210	49
Tabla 19. Módulo de paletizado HAS-210	50
Tabla 20. HAS-212	50
Tabla 21. Módulo de reciclaje HAS-212	50
Tabla 22. Combinación de producción unicolor	52
Tabla 23. Combinación de producción multicolor	52
Tabla 24. Parámetros	53
Tabla 25. Recursos físicos	55
Tabla 26. Presupuesto	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Materia prima	13
Figura 2. Recipientes	14
Figura 3. Alimentación de botes multicolor	15
Figura 4. Producción	15
Figura 5. Estación de calidad	16
Figura 6. Estación de calidad análoga	16
Figura 7. Sellado y etiquetado	16
Figura 8. Almacén horizontal	17
Figura 9. Panel de control	17
Figura 10. Paletizado	17
Figura 11. Reciclaje	17
Figura 12. Ubicación satelital	25
Figura 13. Procesos	32
Figura 14. Módulo de producción	51
Figura 15. Módulo tapado y etiquetado	51
Figura 16. Módulo digital de calidad	51
Figura 17. Módulo almacén	51
Figura 18. Módulo análogo de calidad	51
Figura 19. Módulo paletizado	51
Figura 20. Módulo reciclaje	52

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Total prácticas	19
Gráfica 2. Total de estudiantes	19
Gráfica 3. Total horas	19
Gráfica 4. Prácticas por programas	20
Gráfica 5. Promedio horas	20
Gráfica 6. Promedio de estudiantes	20

JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación en la celda de manufactura HAS-200 ubicada en la Universidad Libre Sede Bosque Popular, nace de la necesidad de adaptación puesto que los cambios que genera la tecnología referente a la automatización dificultan el buen desarrollo de los procesos, como también el control de variables y medición de indicadores.

Además de lo mencionado anteriormente la celda de manufactura HAS - 200 brinda tanto a estudiantes como docentes la posibilidad de manipular un sistema de producción automatizado, actualmente la mayoría de las industrias buscan adquirir procesos altamente automatizados con el fin de la reducción de costos, fallas y tiempos. El cual tiene un proceso de producción similar a los utilizados en las plantas industriales, generando el análisis de variables. Por lo mismo la celda se ha convertido en un medio de investigación que permite el desarrollo de diversos proyectos. Por otro lado se puede observar que al llevar a cabo el desarrollo de dicho proyecto se genera una mejora social ya que al ser una herramienta de gran ayuda es utilizada por las diferentes áreas de la ingeniería integrado a estudiantes de diversos campos como lo son el industrial, ambiental, mecánico y de sistemas.

Por lo tanto es importante tener presente que para facilitar el desarrollo de lo antes mencionado la HAS – 200 cuenta con un software llamado Ed-MES el cual permite un control sobre la máquina que permite estudiar los diferentes conceptos, entre ellos el OEE (Overall Equipment Efficiency o Eficiencia General de los Equipos), el WIP (Work in process o trabajo en proceso), entre otros. Esto implica que para cada una de las simulaciones realizadas se tendrá un control que proporcionará una facilidad en el análisis de los resultados del proceso realizado.

Centrándose el proyecto en los sistemas de control e índices de efectividad ya que estos son de gran importancia para medir la eficiencia y la eficacia que tiene el proceso, haciendo que el producto se desarrolle de forma correcta y optimizando tanto tiempo como recursos. Es decir que es de gran conveniencia puesto que con ello se tendrá mayor nivel de asertividad y de esta forma se podrá tener procesos con mejores niveles de efectividad. Al ser la celda una simulación de una fábrica real el impacto ambiental que produce trabajar en ella es muy bueno ya que logra cumplir

el objetivo de dar a estudiantes y profesores bases sólidas sobre la producción automatizada sin la necesidad de ir a una fábrica real y gastar cualquier tipo de recursos para familiarizarse con el funcionamiento de la misma.

Esto lleva a preguntar ¿Es realmente necesaria la implementación de un sistema de indicadores en la celda de manufactura HAS - 200?; el punto de comparación de aquello que es aplicable dentro de un ámbito académico y un contexto laboral productivo permite que la formación integral del profesional tenga mayor nivel de conocimiento práctico y el hecho de implementar sistemas que en su esencia son con fines netamente productivos como lo es un sistema de medición (Carr, 2008) (03) contribuye a la aplicabilidad de los conocimientos de los futuros ingenieros en la vida laboral y académica.

1. PRELIMINARES

1.1. ANTECEDENTES

A continuación se observan distintos trabajos de investigación y artículos que contribuyen con el desarrollo del proyecto propuesto. Con esta revisión se puede contextualizar los trabajos consultados tanto a nivel nacional como a nivel mundial.

Esto con el fin de construir un marco referencial sobre el estado del arte del trabajo de investigación, en este caso artículos en su gran mayoría y proyectos que tengan relación a la temática de los sistemas de control de procesos e índices de efectividad, para que con esta indagación se pueda identificar los avances que se han dado a través del tiempo y por otra parte facilitar la observación de posibles soluciones en el tema que se está tratando en un ambiente automatizado.

En el trabajo realizado se tuvieron en cuenta cincuenta documentos, de ellos se seleccionaron diez que generan un mayor aporte al desarrollo del proyecto, estos detallados en la tabla 1. Por otra parte se destacan por desarrollar proyectos de grado que tengan que ver con la celda de manufactura HAS-200, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, la Fundación Universitaria Konrad Lorenz, entre otras.

Cabe anotar el 76% de los documentos revisados para el análisis del estado del arte son artículos desarrollados a partir de proyectos de ámbito internacional, debido a la limitada incursión de Colombia en este ámbito (Véase anexo 1).

Tabla 1. Antecedentes

Nº	TÍTULO	RESUMEN	AUTOR Y AÑO	VARIABLES Y PARÁMETROS											
				ECONÓMICOS	COSTOS	EFFECTIVIDAD	EFICIENCIA	EFICACIA	CALIDAD	NO CONFORMES	REPROCESOS	PRODUCTIVIDAD	RENDIMIENTO	PRODUCCIÓN	CAPACIDAD
1	Performance measurement in automated manufacturing (03)	El artículo como tal hace referencia a la importancia del uso de la medición y los sistemas de evaluación para lo que concierne a la mejora continua, contextualizando un cambio de paradigmas en cuanto a la generación de índices que sean acordes a la avance de la producción resaltando autores y posturas respecto a que lo indicadores financieros no contribuyen al desarrollo directamente del proceso productivo y sugiere en este caso alternativas de análisis a través de PMS, BSC y relación directamente a la manufactura automatizada como el OEE y otros modelos de verificación del rendimiento.	Alok Mathur, G.S. Dangayach, M.L. Mittal and Milind K. Sharma 2011	x	X	x	x	X	x	x	x	x	x		
2	Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE	Principalmente postula la ejecución de un sistema de medición de desempeño total (OMP) y como integrarlo con los diferentes aspectos del (OEE) El documento identifica seis requisitos como lo son: Cuatro dimensiones críticas (qué medir) y dos características (cómo medir) de una evaluación de la actuación global del sistema productivo. La medida de la eficacia total del equipo (OEE) en un sistema de este tipo se evalúa contra requisitos ideales. Los sistemas actuales de medición, y el potencial de la OEE, que en este caso se evalúan con las dimensiones y características como datos comparativos.	Patrik Jonsson and Magnus Lesshammar 1999	x	X	x	x	X	x			x		x	
5	Improvement Of Manufacturing Performance	En el actual entorno de negocios altamente competitivo, las organizaciones bien administradas continuamente se esfuerzan por mejorar sus	Karuppana Gounder Eswaramurthi	x	X	x	x	X	x	x		x	x		

	Measurement System And Evaluation Of Overall Resource Effectiveness	capacidades para crear un excelente valor para los clientes mediante la mejora de la rentabilidad de las operaciones. El fortalecimiento significativo se ha producido en la gestión de los recursos asociados a los sistemas de fabricación, para reducir el desperdicio de recursos. El concepto de Mantenimiento Productivo Total (TPM) proporciona una herramienta de desarrollo de efectividad total (OEE), para medir el rendimiento de los equipos o de una línea de producción. En este estudio, se desarrolla un método para evaluar la eficacia de recursos en general (ORE) mediante la inclusión de los factores conocidos como la preparación o alistamiento.	and Pidugun Venkatachalam Mohanram 2013																
7	An empirical study of performance measurement systems in manufacturing companies	El artículo hace referencia a un estudio que se realizó para verificar en las empresas de manufactura en Nueva Zelanda aplican los sistemas de medición de desempeño, donde según este se puede validar que la mayoría de las compañías se basan en los indicadores financieros más no en la evaluación del desempeño directamente, este documento en síntesis específica cómo pueden contribuir en la mejora y la aplicación de los sistemas de análisis de productividad.	J.E. Carr, M. Hasan 2008	x		x	x	X					x	x	x				
8	Manufacturing Efficiency Measurement In Plastic Personalization Operations Card	Este informe proporciona un resumen de las teorías que se utilizan para la medición y el análisis de eficiencia en las operaciones de personalización de una tarjeta de seguimiento de datos (Data Card ®). El objetivo es explicar cómo la información contenida dentro de un fichero de seguimiento con sellos de tiempo de producción puede utilizarse para medir y evaluar las operaciones de fabricación, incluyendo la velocidad, cálculo del tamaño de trabajo y desempeño, utilizando técnicas para estandarizar la salida de este tipo de análisis de variación en el tamaño medio del trabajo.	Datacard Corporation 2008	x		x	x	X	x	x	x	x	x	x	x				

12	Key Performance Indicators for Sustainable Manufacturing Evaluation in Cement Industry	Las industrias de cemento se enfrentan a desafíos para implementar producción sostenible en sus productos y procesos. Su fabricación ha comenzado como un consumidor intensivo de materias primas naturales, combustibles fósiles, energía y una fuente importante de contaminantes múltiples; por lo tanto, evaluar que tan sostenible puede llegar a ser esta industria y si llega a ser una necesidad. Este documento propone un conjunto de indicadores clave de rendimiento (KPI) para la evaluación de lo que es apropiado para la industria del cemento basada en el triple balance de sostenibilidad. Se aplica el método de proceso de jerarquía analítica (AHP) para dar prioridad a las advertencias de desempeño resumiendo las opiniones de expertos.	Elita Amrina *, Anniké Lutfia Vilsi 2015	x	x					x			x	x	x	
18	Diseño de sistemas de medición de desempeño de proveedores: Experiencias de un caso de estudio	El artículo describe como tal que la evaluación de los proveedores es importante para las organizaciones debido al papel preponderante que éstos cumplen en la dinámica de las cadenas de suministros y a la importancia estratégica que las funciones de compra tienen a raíz de la tercerización de los procesos que no forman parte del know-how de la empresa. No obstante, la literatura académica carece de trabajos concernientes al diseño e implementación de “sistemas de medición de desempeño en proveedores” (SMDP). En ese contexto, este artículo presenta los factores más importantes del diseño de un SMDP, resaltando, a través de un caso de estudio, los cuidados y recomendaciones que deben ser considerados. Además del detalle del método y los resultados de su aplicación, el artículo presenta el análisis de los procesos y atributos que definen el diseño del SMDP propuesto.	Nicole Suclla Fernandez, Luiz Felipe Scavardab, Adriana Leirasc. 2012	x	X	x	x		x				x	x	x	
26	Desarrollo de una aplicación computacional bajo algoritmos genéticos para la secuenciación de trabajos/órdenes	El proyecto tiene como fin desarrollar un programa computacional bajo algoritmos genéticos para la HAS - 200 causando una reducción en el proceso (WIP), Con este programa también se pretende incrementar métodos prácticos y proporcionar un uso fácil incentivando tanto a docentes como a estudiantes a	Alfonso Albarracín, Karen Yulied Aponte Limas, Sandra 2013			x	x	X	x				x			X

	de la celda de manufactura HAS-200 de la Universidad Libre seccional Bogotá (02)	utilizar el aplicativo.																	
30	Productividad en una celda de manufactura flexible simulada en promodel utilizando path networks type crane	<p>Esta investigación realizada por la Universidad Tecnológica de Pereira se centra en una simulación del proceso de una celda de manufactura flexible (FMC) de la Facultad de Ingeniería Industrial, con el objetivo de mejorar la productividad en el sistema actual utilizando los resultados dados por el software Promodel.</p> <p>Para realizar lo anterior se calculó la productividad teniendo en cuenta las variables y el tiempo de la simulación, también se interpretó la información obtenida. Para realizar este diseño se utilizó el tipo de red Crane, haciendo referencia a rastreo e inventario almacenado en una base central de datos. Facilitando el desplazamiento de los brazos robots con las piezas que circulan a través del sistema.</p>	María Elena Bernal Loaiza, German Cock Sarmiento, Jorge Hernán Restrepo Correa 2014	x	x	x	x	x	x				x				x		
39	Sistema automatizado para la medición de tiempos de reacción en el estudio de procesos de memoria, percepción, atención, sensación, inteligencia y pensamiento	<p>El proyecto ha utilizado diferentes herramientas de medición que responden a las necesidades de investigación, haciendo que estos instrumentos funcionen con los estímulos que provoca el estado mental.</p> <p>El proyecto realizado cuenta con resolución de milisegundos tomando muestras en una memoria temporal y luego estos datos se transmiten a una computadora que contenga la información de todos los pacientes, este sistema tiene varias señales de salida de los tiempos de reacción como lo son señales al panel, datos de la prueba, gráficas, entre otros.</p>	Rodrigo Andrés Fernández Hernández, Iván López Ramírez, Gustavo Andrés Vinueza Jurado 2015	x	x				x			x	x	x				x	

Fuente: Los autores, 2016.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La necesidad de generar sistemas de producción eficaces y sobre todo eficientes, a lo largo de los años ha venido evolucionando directamente con aquellas teorías que han acompañado a los diferentes sistemas de producción.

Ubicados directamente en lo que concierne a la automatización de los procesos, como tal este se compone de una compilación y aplicación en conjunto de todas las teorías y tecnologías encaminadas de alguna forma a sustituir el trabajo del hombre por el de la máquina.

Conceptualmente según distintas definiciones (Daneiri, 2008) (01), la automatización se basa en una reiterada aplicación del mecanismo de feedback y, por ello, está en ese sentido relacionada con las teorías de control y de sistemas, como se puede observar durante todo el proceso de automatización, se debe integrar de manera directa lo que concierne a los sistemas y las teorías de control de los procesos.

El punto de acción y referencia en el cual se ubica es el sistema HAS – 200 de la Universidad Libre, sede Bosque Popular el cual fue adquirido por la universidad en el año 2010, este sistema es una planta con fines académicos totalmente automatizada, la cual puede de cierta forma incorporar a los estudiantes a conocer de manera práctica cada uno de los procesos que hoy en día en gran cantidad de fábricas y plantas de producción se maneja, y por lo tanto saber de qué forma se genera la automatización de los mismos, en cuanto a control, análisis, productividad y demás aspectos.

Es Importante analizar de una manera más intrínseca cada una de las características generales con las que cuenta el sistema HAS-200.

Características generales:

- Dispone del software Manufacturing Execution System (EdMES).
- Entorno de fabricación de alto volumen.
- Identificación de Work In Progress y Tracking.
- Modularidad: Permitiendo diferentes configuraciones de layouts y posibilidad de crecimiento en el futuro.
- Flexibilidad: Pueden ser fabricados hasta 19 productos diferentes.
- Diseñada con componentes industriales.
- Comunicación entre estaciones a través de red Ethernet.
- Dispone de un supervisor 3D en este caso software llamado “3D Supra”.
- Manual de ejercicios orientado a desarrollar las capacidades relacionadas.

Propósitos de HAS - 200:

- Simular una fábrica moderna, altamente sofisticada para proporcionar un entorno de aprendizaje seguro y barato.
- El sistema permite desarrollar las capacidades demandadas para los ingenieros y técnicos.

Composición de la HAS – 200

El sistema HAS – 200 con el que la Universidad Libre cuenta desde el año 2010 tiene los siguientes componentes, primero es el producto el que está relacionado a el proceso productivo.

- En este caso el proceso productivo va entorno a los productos Plas tac con 3 diferentes referencias diferenciadas por el color, las cuales básicamente son perlas (Ver figura 1) de plástico las cuales en su procedimiento productivo pueden ser asociados con la producción de farmacéuticos o alimentos de gramaje de consistencia pequeña, las referencias varían directamente a las combinaciones de las mismas y en este caso son 19 las referencias que se pueden producir cada una descrita en la tabla 1.

Figura 1. Materia prima



Fuente: HAS-200. Sistema altamente automatizado, 2016

Tabla 2. Productos fabricados

PRODUCTOS FABRICADOS		Posibles productos fabricados								
Color de los botes			A	m	R					
Multicolor	M	M	1	1	1	15A+15Am+15R		15gr	30gr	45gr
Azul	A	M	1	1		15A+15Am	A	X		15gr

Amarillo		Am	M	1		1	15A+15R	A		X		30gr
Rojo		R	M	1		2	15A+30R	A			X	45gr
Cantidad de perlas			M	1	2		15A+30Am	A m	X			15gr
A	Am	R	M	2	1		30A+15Am	A m		X		30gr
0gr	0gr	0gr	M	2		1	30A+15R	A m			X	45gr
15gr	15gr	15gr	M		2	1	30Am+15R	R	X			15gr
30gr	30gr	30gr	M		1	2	15Am+30R	R		X		30gr
45gr	45gr	45gr	M		1	1	15Am+15R	R			X	45gr

Fuente: Los autores, 2016

- Recipiente: Se encuentran cuatro botes de diferentes colores o multicolor en ciertos casos, con capacidad máxima de 45g (Ver figura 2).

Figura 2. Recipientes



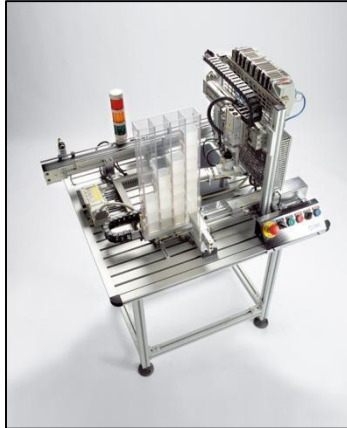
Fuente: HAS-200. Sistema altamente automatizado, 2016

- Tapa
- Etiqueta adhesiva

Como tal el producto en proceso hará el recorrido pasando por las siguientes estaciones:

- Cuatro estaciones de alimentación de recipientes vacíos, ya sea unicolor o multicolor.
- Esta primera estación es la de recipientes multicolor los cuales tendrán su proceso de llenado a lo largo del sistema (Ver figura 3).

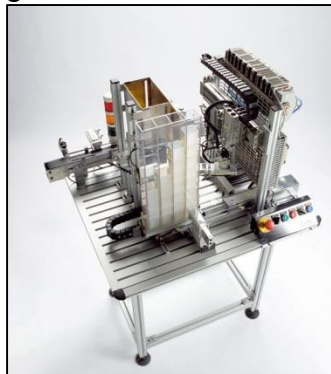
Figura 3. Alimentación de botes multicolor



Fuente: HAS-200, sistema altamente automatizado, (Multic), 2016

Las siguientes tres estaciones son de alimentación de producción azul, amarilla y roja, con recipientes para producción unicolor y tolvas de alimentación de “Plas tacs” para cada bote de un solo color o para botes multicolor, con capacidades de llenado de 15, 30 y 45 gramos como tal (Ver figura 4).

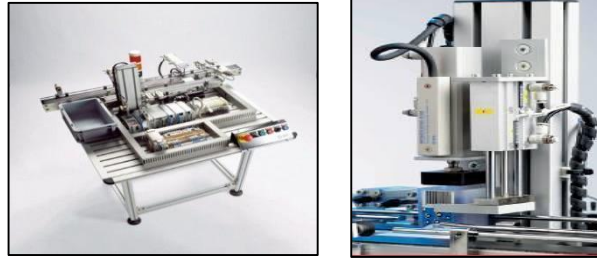
Figura 4. Producción



Fuente: HAS-200, sistema altamente automatizado, producción (Prod1, prod2, prod3), 2016.

- La quinta estación como tal es una de las estaciones de control de calidad en este caso, la cual realiza una medición digital con la que se evalúa si el recipiente en proceso contiene producto, o está vacío en este caso para desecharlo del proceso.
- La sexta estación también concierne al control de calidad en este caso la medición que se realiza es analógica y efectivamente puede determinar si el producto continúa en el proceso o debe ser desechado véase en la (Ver figuras 5 y 6).

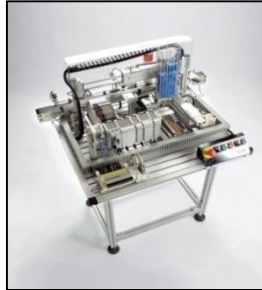
Figura 5 y figura 6. Estaciones de calidad



Fuente: HAS-200, sistema altamente automatizado, estaciones de chequeo (Check1, check2), 2016

- Los productos que continúan en proceso pasan directamente a la estación de sellado y etiquetado, en este punto ya están tan solo los productos que aprueban efectivamente los anteriores controles de calidad (Ver figura 7).

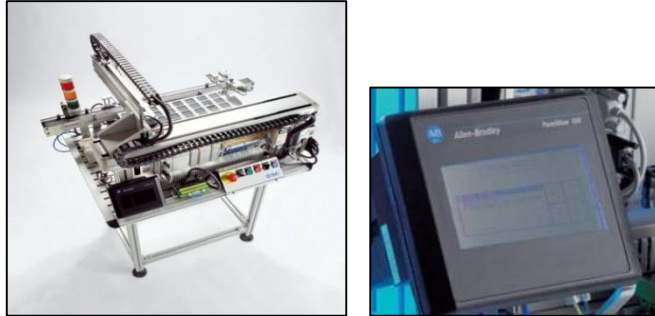
Figura 7. Sellado y etiquetado



Fuente: HAS-200, sistema altamente automatizado, colocación de la tapa (Cover), 2016

- La octava estación es la de almacén horizontal (Ver figura 8) donde se realiza la ubicación de cada producto terminado bien sea de manera automática, o de modo manual por medio de un panel de control (Ver figura 9).

Figura 8 y figura 9. Almacén horizontal y panel de control



Fuente: HAS-200, sistema altamente automatizado, almacén horizontal (Stock), 2016.

- La novena estación es la de paletizado en la cual se ubican cada uno de los productos terminados que han finalizado su proceso productivo y están listos para distribución (Ver figura 10).

Figura 10. Paletizado



Fuente: HAS-200, sistema altamente automatizado, paletizado (Deliver), 2016.

- La última estación con la cual se cuenta, es la de reciclaje la cual está diseñada con una tolva de separación que en este caso separa los Plas Tacs directamente por color para que estos vuelvan al proceso productivo (Ver figura 11).

Figura 11. Reciclaje



Fuente: HAS-212, sistema altamente automatizado, estación de reciclaje, 2016

La celda de manufactura HAS - 200 tiene procesos diferentes los cuales funcionan de manera manual o de modo automático donde es manejado cada uno de los procedimientos por medio de una estación de control donde a través del software “EdMES” (EdMES Manual User) (02) se pueden realizar la programación y dirección de una producción, este software también puede recopilar todos los datos del sistema y gestionar la producción, incluyendo:

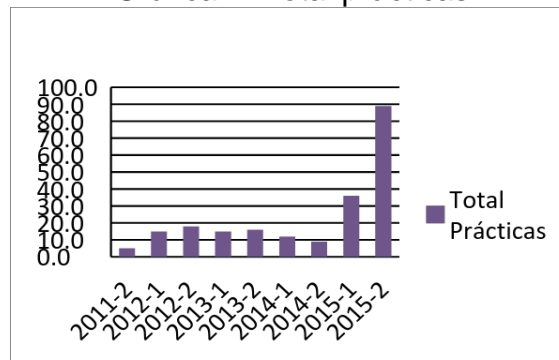
- Pedidos y expedición
- Control estadístico de procesos (SPC)
- Movimiento de materiales
- Gestión de mantenimiento
- Trabajo en curso (WIP)
- Eficiencia general de equipos (OEE)
- Resumen de alarmas
- Base de datos
- Agentes

USO DE LA HAS – 200 EN LA UNIVERSIDAD LIBRE

A partir del primer semestre del año 2011 se empieza a llevar a cabo la práctica y el uso de la celda de manufactura HAS-200, para distintas asignaturas en especial del programa de Ingeniería Industrial, entre ellas Procesos Industriales, Gestión de Producción, Ingeniería de Métodos, entre otras.

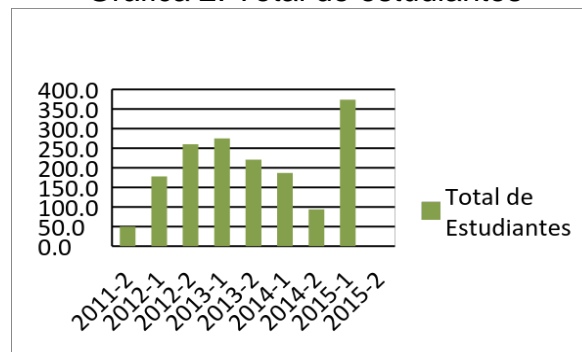
Se puede analizar la información al respecto de una forma más general, en lo que concierne el uso por los estudiantes; esta información está directamente determinada e ilustrada a partir del total de prácticas realizadas en la misma por año en este caso en el periodo de tiempo de 2011-2 a 2015-2 (Ver gráfica 1), el total de estudiantes que utilizaron la celda en el mismo período de tiempo (Ver gráfica 2), el total de horas de utilización por cada año anteriormente descrito (Ver gráfica 3), el total de prácticas que se realizó por programa (Ver gráfica 4), promedio de horas de utilización por cada estudiante (Ver gráfica 5) y así mismo un promedio de estudiantes que trabajo con la celda de manufactura HAS-200 (Ver gráfica 6).

Gráfica 1. Total prácticas



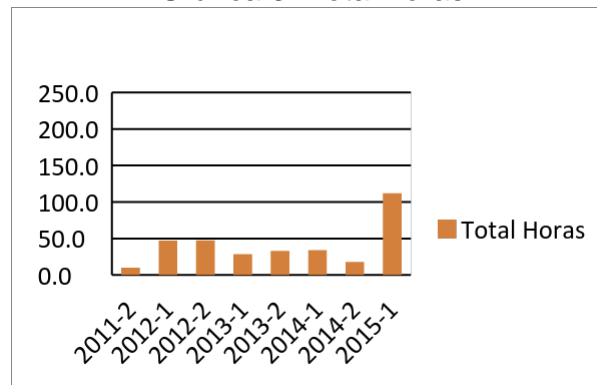
Fuente: GALLEGO, Javier. Informe Monitoría. 2015

Gráfica 2. Total de estudiantes



Fuente: GALLEGO, Javier. Informe Monitoría. 2015

Gráfica 3. Total horas



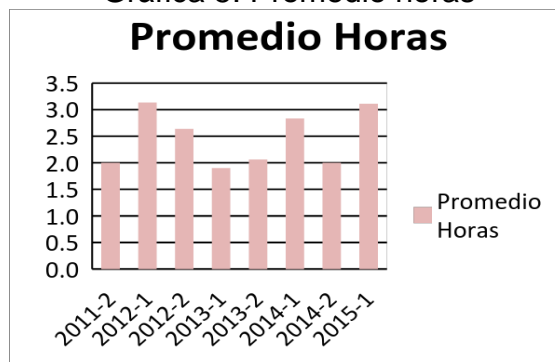
Fuente: GALLEGO, Javier. Informe Monitoría. 2015

Gráfica 4. Prácticas por programas



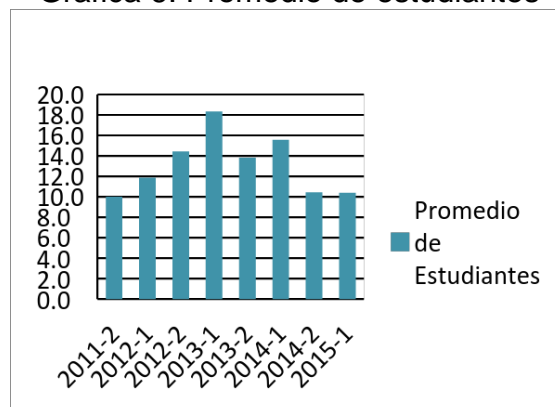
Fuente: GALLEGO, Javier. Informe Monitoría. 2015

Gráfica 5. Promedio horas



Fuente: GALLEGO, Javier. Informe Monitoría. 2015

Grafica 6. Promedio de estudiantes



Fuente: GALLEGO, Javier. Informe Monitoría. 2015

Se puede analizar de manera más compacta la información anteriormente indicada en su respectiva matriz de valores (Ver tabla 3).

Tabla 3. Análisis por períodos

No.	Item	2011-2	2012-1	2012-2	2013-1	2013-2	2014-1	2014-2	2015-1	2015-2
1	Total Prácticas	5,0	15,0	18,0	15,0	16,0	12,0	9,0	36,0	89,0
2	Total de Estudiantes	50,0	178,0	260,0	275,0	221,0	187,0	94,0	374,0	0,0
3	Total Horas	10,0	47,0	47,5	28,5	33,0	34,0	18,0	112,0	202,0
4	Promedio de Estudiantes	10,0	11,9	14,4	18,3	13,8	15,6	10,4	10,4	#DIV/0!
5	Prácticas por Programa	Industrial	5,0	11,0	14,0	13,0	8,0	6,0	5,0	31,0
		Ambiental	0,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0
		Mecánica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Sistemas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	Prácticas por Programa	Seccional	0,0	1,0	1,0	0,0	3,0	1,0	2,0	3,0
		Externo	0,0	1,0	2,0	1,0	3,0	0,0	0,0	0,0
	Promedio Horas	2,0	3,1	2,6	1,9	2,1	2,8	2,0	3,1	2,3

Fuente: GALLEGO, Javier. Informe Monitoría. 2015

En un contexto más completo en lo que respecta a la HAS – 200, cabe resaltar la importancia que trae el análisis de este sistema académico para el desarrollo profesional en cada uno de los estudiantes de la Universidad Libre. Es importante notar que el campo de acción dentro de la misma es muy complejo y amplio.

Se parte de la analogía que a pesar de ser una planta de simulación con fines académicos, las herramientas que se pueden obtener directamente son las mismas que cualquier planta de producción completamente automatizada posee.

Partiendo de que la HAS - 200 es una planta productiva que genera una producción en específico, así como en cualquier empresa es necesario el control de cada uno de los procesos ya que a partir de ello se puede tener información en cuanto a si el sistema de producción es eficaz y eficiente o si no lo es. Partiendo de la información se puede medir y como tal evaluar, y determinar oportunidades de mejora en cuanto al proceso productivo de la HAS - 200.

De acuerdo con lo anterior se puede decir que en la actualidad la celda de manufactura se utiliza con el fin de simular un proceso con alto nivel de automatización, permitiendo desarrollar diversas capacidades profesionales. Pero en esta no se cuenta con un sistema de control de procesos e índices de efectividad, lo cual se convierte en una necesidad del proceso que requiere ser mejorada.

Es aquí donde se hace la pregunta ¿es posible implementar un sistema de control de procesos e índices de efectividad en la celda de manufactura HAS-200?

Para generar una solución a la pregunta realizada, es necesario definir indicadores, los cuales pueden mostrar cómo se realiza la medición de efectividad y el control del proceso de la celda.

Con lo dicho se llega al análisis para desarrollar un sistema de control de procesos puesto que en el momento de incluirlo este va ser más efectivo, para que se pueda llevar a cabo es necesario recurrir a la caracterización y al diagnóstico, asegurando cierto tipo de especificaciones que se encuentran en la celda de manufactura.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera se puede gestionar el funcionamiento en la celda de manufactura HAS-200 desde la perspectiva de la mejora de su efectividad como una simulación de un proceso productivo?

1.4. OBJETIVOS

General

Desarrollar un Sistema de Control de Procesos en la celda de manufactura HAS-200 de la Universidad Libre que mejore su efectividad como una simulación de un proceso productivo.

Específicos

1. Diagnosticar los sistemas de medición actuales dentro de la celda de manufactura HAS-200.
2. Caracterizar cada uno de los módulos para la detección de las variables de medición necesarias dentro de la celda.
3. Desarrollar un sistema de indicadores a partir de las variables establecidas.
4. Validar la pertinencia del sistema de indicadores desarrollado, a partir de la implementación de prácticas.
5. Evaluar el proyecto a nivel financiero teniendo en cuenta las características de la HAS – 200.

1.5. POBLACIÓN OBJETIVO

El proyecto tiene como fin aportar en el mejoramiento del área académica, ya que a partir del control de la celda de manufactura se pueden generar diferentes tipos de prácticas en el laboratorio de la HAS – 200, aumentando la cantidad de estudiantes de ingeniería industrial que se beneficien con este, puesto que tan solo en el primer semestre del 2015 se albergó un total de 374 estudiantes.

Además con los estudiantes de la Universidad Libre se pretende llegar a una población objetivo con un contexto más profesional, puesto que se tiene como finalidad llegar a realizar una validación del sistema de control en una planta de producción totalmente automatizada, ya que la celda de manufactura HAS-200 ofrece la posibilidad de simular una producción puesto que el proceso es similar a las de algunas plantas industriales con altos niveles de automatización, como por ejemplo Corona ® y Cerámicas Alfa ®, por lo cual el proyecto tiene la posibilidad de contribuir en la industria.

1.6. MARCO REFERENCIAL

1.6.1. Marco teórico: Con el fin de soportar distintas teorías que son primordiales para comprender y contextualizarse en el ámbito del proyecto, se contará con un breve resumen y así mismo la descripción de cada una de las teorías.

Automatización: Se puede definir como la síntesis entre el uso de sistemas computarizados, eléctricos, mecánicos, automatizados e hidráulicos con una operación o proceso productivo; que tiene como fin generar un control y manejo más ordenado y además de ello contribuir en la mejora de la competitividad, productividad y efectividad del proceso productivo.

Se encuentra jerarquizada en los siguientes niveles (SMC Training 2017) (04):

- **Nivel I Estructura física:** Este nivel de automatización se encuentra conformado por toda la materia física que contribuyen para el funcionamiento de la celda, en este caso se puede encontrar actuadores, sensores, bandas transportadores y demás artefactos de acciones a nivel electrónico, neumático y óptico que hacen que las operaciones necesarias para el proceso productivo de la celda sea acorde y funcione de manera óptima. Este nivel es

posible detectarlo en distintas empresas como lo son Corona, Argos, entre otras empresas que tienen que ver con embotellado y productos que puedan ser empacados.

- **Nivel II PLC control de proceso:** Este nivel se encarga del proceso de gestión y control como su nombre lo indica, de cada uno de los actuadores y sensores que trabajan en la celda HAS - 200; en este caso se basan en un microprocesador programable a partir de un sistema de control lógico programable (PLC) el cual garantiza un funcionamiento acorde a los requerimientos del proceso productivo. Es decir controla la mayor parte de las estaciones de automatización que se encuentren en las plantas de producción.
- **Nivel III SCADA operación y supervisión:** Este nivel es conocido por es en donde se encuentran las estaciones de operación y servidores de procesos, por lo tanto es necesario manejar un sistema de supervisión, observación como es el caso de SCADA (Sistema de supervisión, control y adquisición de datos) que se encuentra aplicado en la celda de manufactura HAS – 200 a partir del software de visualización y control en tercera dimensión de cada uno de los procesos con los que cuenta 3d SUPRA ®.
- **Nivel IV MES control en manufactura:** Este nivel de automatización es de suma importancia para el desarrollo de operaciones en modo automático debido a que es el que permite controlar de manera remota, despachar órdenes y corridas según las características que la demanda requiera, este nivel también permite el control estadístico y la aplicación de herramientas de mejora como el OEE; en la celda de manufactura HAS- 200 este nivel está representado a partir del software EDMES ®. Es importante mencionar que el software con el que cuenta tienen la facilidad de distribuir toda la información.
- **Nivel V ERP integración con todas las áreas:** Este es el único nivel el cual no se puede observar dentro de la celda de manufactura HAS – 200, debido a que este se encarga de la integración de cada uno de los departamentos de una organización y articula el área de proyecciones, mercados viéndose directamente afectado por la demanda y los requerimientos del mercado, un ejemplo bastante conocido en el nivel de automatización ERP es el software SAP ® el cual es de suma importancia en el manejo de automatización de los procesos.

Adicionalmente se encarga de la administración de toda la industria o empresa.

Sistema de control de procesos de lazo cerrado: Es el proceso de establecer la relación de cada operación dentro de un sistema específico, donde el control se genera a partir de puntos de feedback directos con el output de cada operación; este sistema actúa en función y a partir de la señal de la salida.

Se utiliza en estas circunstancias:

- Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar como por ejemplo en serie de productos que no necesitan un gran cambio en el proceso productivo para fabricar un producto diferente: Esferos, bebidas gaseosas, entre otras.
- Vigilar un proceso el cual es especialmente difícil en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o distracciones, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso, en este caso se puede encontrar la producción de partes para vehículos ya que es la elaboración de piezas más grandes y complejas que requieren un mayor nivel de atención por parte de la mano de obra.

Sus características son:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- Su propiedad de retroalimentación.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

Indicadores de gestión (Mora, 2008) (05): Se conocen como medios o mecanismos que expresan el desempeño de los procesos establecidos y que al ser comparados permiten observar las desviaciones ya sean positivas o negativas que se tienen de cualquier tipo de proceso, ya sea un proceso de producción o cualquier otro tipo de proceso que requiera una evaluación del mismo, por otra parte es importante tener en cuenta que para lograr el éxito de una operación esta debe ser medible, puesto que “lo que no se mide no se puede administrar”. Permitiendo un monitoreo donde se establecen las actividades a desarrollar e integran todas las áreas de una compañía.

Es importante tener en cuenta que los indicadores son necesarios para medir

la productividad, la calidad, entre otros aspectos. Por lo mismo es necesario precisarlos para el mejoramiento.

Algunas características de los indicadores de gestión son:

- Cuantificables esto quiere decir que se deben expresar en porcentajes o números con el fin de someterse a la utilización de cifras.
- Consistentes es decir debe generarse con información y fórmulas iguales para que se pueda comprobar en el tiempo.
- Comparables con el fin de poder ver otros indicadores similares y poderlos comparar.

Después de observar las características que tienen los indicadores, también hay que tener en cuenta los objetivos de estos:

- Identificar y tomar acciones sobre los problemas operativos
- Medir la competitividad de la empresa
- Satisfacer la necesidad del cliente reduciendo tiempo
- Mejorar uso de recursos, para aumentar la productividad y efectividad

Los tipos de indicadores son varios como se puede observar a continuación:

- Indicadores de eficiencia: Son los encargados de permitir en los procesos la optimización de recursos.
- Indicadores de eficacia: Deben permitir a los responsables evaluar la calidad.
- Indicadores de efectividad: Permite evaluar el impacto de la misión u objetivos de sus procesos.

Otros indicadores desde diferentes perspectivas han planificado otras mediciones como lo son:

- Gestión ambiental
- Gestión financiera
- Gestión del talento humano

Los indicadores tienen beneficios cuando las medidas a tomar se realizan correctamente, por ello esta se considera la mejor forma de conocer y mejorar el proceso, unas de las características positivas de estos son:

- Controlar el crecimiento de un departamento o área
- Indicar lo realmente importante en el proceso para encontrar la

mejora buscada

- Satisfacción de los clientes seleccionando los indicadores correctos como instrumentos para medir el rendimiento

Algunos de los indicadores más utilizados para medir la eficiencia y eficacia que se tiene son:

- Ratios más conocido como ratio de gestión usado para gastos operacionales, costos de distribución, cantidad de ventas, clientes satisfechos, entre otros. Además tiene como beneficios seguir el comportamiento, controlar, proporcionar información valiosa y ayuda a planificar.
- El consumo de recursos en cada una de las operaciones que se realiza es por esto que también se miden costos, tiempos, operaciones repetitivas, cantidad de personas, etc. Esto teniendo en cuenta que los recursos más utilizados son el personal, el dinero, los materiales, la maquinaria, los métodos y la parte administrativa o más conocida como dirección.
- Programas, presupuestos, son indicadores en los que teniendo en cuenta los resultados es por esto que se tiene presente el nivel de cumplimiento real, el porcentaje de desviación, número de error, desperdicios, piezas defectuosas, entre otros.

Es importante verificar que un indicador cumpla con aspectos y características como tener una fácil identificación es decir que no se encuentre dificultad para ser medido, una mayor importancia haciendo referencia a que es algo representativo de la mejora y una fácil comprensión. Un indicador es un logro importante puesto que es con estos que se miden los problemas y se pretende hallar una solución teniendo como estándar la eficiencia y eficacia en la que se desempeña.

PLC (Programmable Logic Controller – Controlador Lógico Programable): Es un equipo electrónico el cual tiene un lenguaje no informático y gobierna dentro de un destino industrial, el PLC es un hardware con conexión directa y programado por el usuario, después se trabaja cíclicamente, para el uso de este es importante conectar a una entrada y a una salida. Hay que tener en cuenta que la programación de los PLC puede ser modificada obteniendo beneficios de un equipo multifuncional con un hardware estándar.

A continuación se pueden observar algunas ventajas que tienen los sistemas programables de PLC:

- Flexibilidad
- Herramientas de diagnóstico de fallas
- Modificaciones sin parar el proceso
- Hardware estándar para diferentes aplicaciones
- Lenguaje de programación estándar

Por otro lado y como ejemplo de un lugar donde se aplican los PLC se tiene la celda de manufactura HAS- 200 que es totalmente programada, pero como tal esta consta del tercer nivel de la pirámide de automatización para poder guardar cada comando de movimiento y/o acción que se pueda llegar a generar; en este punto ingresa lo que se conoce como PLC, siendo usados para automatizar procesos electromecánicos.

Procesos: Los procesos se caracterizan por ser una serie y/o conjunto de actividades que se relacionan entre sí, con el fin de cumplir un objetivo o meta propuesta, también se conoce que un proceso obtiene disminución de variables innecesarias en productos finales, como lo son eliminar actividades repetitivas.

Es importante tener en cuenta que en la ingeniería industrial un proceso es una forma de planear, integrar, organizar, dirigir y controlar. Adicional a esto un proceso tiene un ciclo que va desde principio a fin agregando valor a una organización o cliente. En el cual se tienen muy en cuenta los indicadores quienes brindan descripción detallada de objetivo, fórmula plazo de cumplimiento, entre otras fuentes de datos.

Los tipos de procesos se dividen en dos los cuales son:

- Cerrados: No se produce intercambio de masas, en un proceso sin flujo

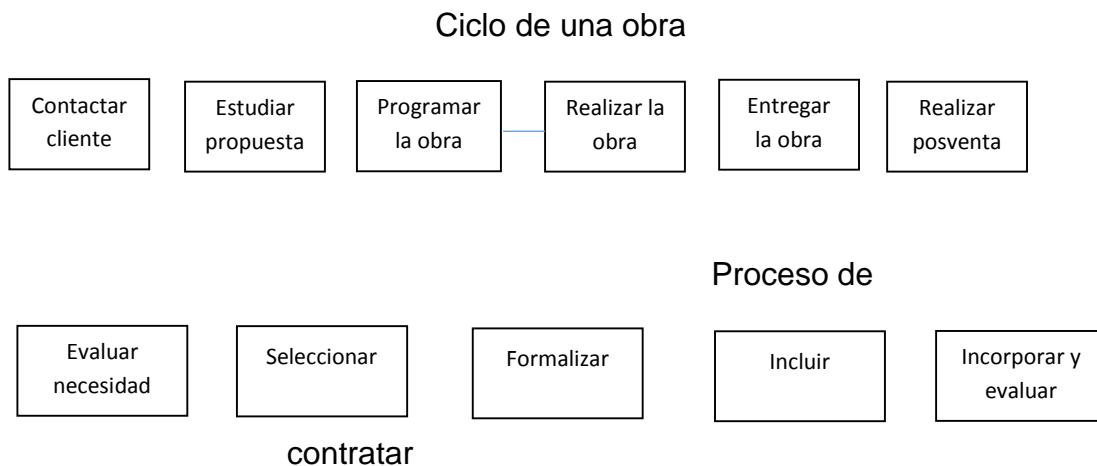
- Abiertos: Se transfiere la masa y se denomina proceso con flujo

Por otro lado existen mapeos de macro procesos que contienen tres tipos de procesos:

- Estratégicos: Involucra toma de decisiones, planificación, políticas, etc.
- Claves u operativos: Procesos del quehacer diario y operacional que generan valor.
- Apoyo: Proporcionan el soporte y los recursos a los procesos claves u operativos.

Algunos ejemplos de procesos son: (Ver figura 13)

Figura 13. Procesos



Fuente: Los autores, 2017

Por otro lado la gestión de procesos es una forma de realizar mejora continua en la organización esto con el fin de agregar valor y ayudar a cumplir las estrategias propuestas en el negocio, permitiendo tener una visión de todo el hacer de la compañía. Por lo tanto se cuenta con algunos beneficios incluidos en la gestión de procesos como lo son:

- Alineación con la estrategia

- Análisis de la cadena de valor
- Costeo de actividad e inactividad (ABC)
- Indicadores de gestión y de riesgos
- Implantación ERP y normas de calidad
- Auditoría y gestión de control
- Control de procesos

Adicionalmente los procesos tienen objetivos los cuales son:

- La productividad de procesos que tiene como función agregar valor y mejorar la eficiencia, realizar campañas y desarrollo de los procesos esbeltos desde el punto de vista de la calidad.
- Procesos controlados en el que se tiene en cuenta cuales indicadores serán aplicables a estos.
- Sensibilizar en la visión de procesos completos y finales.

Es importante tener en cuenta los indicadores para la gestión de procesos los cuales se mencionan a continuación esto con el objetivo de verificar que se está desarrollando de forma correcta:

- Costos por actividad y transacción
- Materiales, equipos, insumos
- Horas de funcionarios y de los clientes
- Tiempos
- Duración de la actividad y de reposo
- Espera del cliente
- Calidad
- Número de errores y costo de oportunidad

Se continúa hablando de los procesos ya que estos tienen una responsabilidad y es en la cual se pretende conocer el tipo de paso a paso en el que se está inmerso, dándole importancia a la interacción. Además se encuentran algunas fases desde el punto de la estrategia en la que se pretende alinear los componentes, el modelamiento visual, la intervención y la vida útil que estos tienen.

Por lo tanto se encontrarán algunos métodos para la gestión de procesos:

- Diseñar el mapa de procesos
- Representar el proceso mediante modelos visuales
- Gestión estratégica
- Mejorar, rediseñar, formalizar y controlar procesos

Así mismo existen diferentes tipos de software los cuales facilitan la visualización de los procesos que se quieran dar a conocer, haciendo que se entienda con mayor facilidad por medio de diagramas de flujos o simulaciones. El software más básico y entendible que se encuentra es claramente PowerPoint, si bien este es conocido y una herramienta bastante útil también existen otros más avanzados como por ejemplo Visio, BizAgi Process Modeler, los cuales son muy efectivos para la realización de diagramas de flujo; Enterprise Architect, PACE, SPSS, estos son de gran ayuda a la hora de querer hacer simulaciones; y para una visión más global de los procesos se encuentran otros programas como por ejemplo Corporate Modeler Suite, Casewise Systems, ARIS, entre otros.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se profundiza en los pasos a seguir para identificar adecuadamente un proceso y de esta forma cumplir los objetivos propuestos, para empezar se hablará de diseñar un mapa, puesto que este genera la representación de la organización ya sea agregando valor o no.

En cuanto a la representación de procesos se puede tener en cuenta las siguientes características:

- Realizar un diagnóstico del tema en el que se esté trabajando
- Complementar el modelamiento visual y las listas de tareas
- Detectar las posibles mejoras

Otro aspecto a tener en cuenta es el de una estrategia alineada en el que se revise un plan estratégico formal, vigente, conocido y aplicado que tiene su base en la estrategia y la cadena de valor. Se debe priorizar el proceso de acuerdo a los factores de decisión que se obtienen desde las estrategias,

hacer revisión de los objetivos de los procesos los cuales deben estar alineados a través de los indicadores principales.

También se pretende tener una mejora continua en el proceso cumpliendo con el re-direccionamiento dirigido por un equipo de proceso en que se apliquen técnicas como lo son:

- Diagnósticos con base en el modelo integral del cambio
- Talleres de mejora de los procesos
- Gestión del conocimiento
- Diagramas de Ishikawa
- Diagramas de Pareto
- Benchmarking
- Seis Sigma

En cuanto al rediseño de procesos el cambio es el indicador principal puesto que va orientado al cliente, al proveedor y a la integración vertical; generando una visión sistemática e ideas más claras con métodos como MRC, MAR, Seis Sigma, entre otros.

La teoría de las restricciones, el diseño de incentivos, los procesos just-in-time y los flujos tensados son también otro tipo de soluciones para rediseñar procesos.

1.6.2. Marco conceptual: En el proyecto sistema de control de procesos e índices de efectividad en la HAS – 200, se tendrán en cuenta los siguientes conceptos:

BASES DE DATOS (Fundamentos informáticos, 2008) (06): Es un conjunto de datos debidamente organizados en un “almacén” como tal que facilitan el manejo de la información además del enlace de la clasificación y el enlace de los mismo, para proporcionar rápidamente la generación de informes debido a la posibilidad que brindan para relacionar datos y agruparlos según características o claves similares.

Las bases de datos tienen diferentes características como lo son:

- La integración de la información
- Persistencia de datos: Es decir todo tipo de información debe tener un soporte
- Accesibilidad simultánea
- Independencia

OEE: El Overall Equipment Effectiveness (Eficiencia global del equipo) (Alok, Dangayach, Sharma, 2013) (07) es una forma de medir las pérdidas que se dan durante el proceso de fabricación, permitiendo identificar los siguientes factores:

- Disponibilidad haciendo referencia a cuánto tiempo ha estado en funcionamiento la máquina.
- Rendimiento es decir se observa cuantos productos a fabricado en un tiempo determinado.
- Calidad se tiene en cuenta en el OEE para determinar la fabricación como tal.

Por lo tanto el OEE (Jonsson, Lesshammar, 1999) (08) es el encargado de indicar la efectividad que tiene la maquinaria usada comparada con la máquina ideal.

BALANCED SCORECARD (Álvarez, Chavez, Moreno, 2004) (09): Es una herramienta utilizada para la gestión de estrategias, estableciendo las relaciones causa efecto a través del mapa estratégico en cuatro perspectivas base; financiera, clientes, procesos internos y aprendizaje-crecimiento, es decir traduce la estrategia en objetivos directamente relacionados y que serán medidos a través de indicadores, alineados a iniciativas.

EdMES (SMC Training 2017): Se define como herramienta utilizada para llevar a cabo la producción sobre la celda de manufactura HAS – 200, contempla la integración de todas las actividades que esta tiene, el EdMES es un software que permite la reproducción de situaciones reales y más relevantes en un sistema de ejecución, cada uno de los módulos de la celda cuenta con el modo online (Control sobre la máquina) y de modo teaching (que permite estudiar los conceptos asociados con la HAS - 200), dicho software está conformado por un conjunto de aplicaciones especializadas en actividades de procesos productivos.

Algunas funciones que conforman el programa son las siguientes:

- Order dispatcher
- Material movement

- Data collector
- Inventory tracking y WIP
- Statistical process control
- Maintenance management
- Alarm summary
- Overall equipment efficiency
- Agentes (Buffer, raw material y maintenance)
- Data base tool

CELDA DE MANUFACTURA HAS – 200 (SMC Training, 2017): El sistema se encarga de reproducir un proceso productivo de manera automatizada, también se puede decir que es un conjunto de máquinas, que permite tener estándares elevados de calidad. La celda de manufactura desarrolla capacidades profesionales demandadas en los diversos sectores.

Cada estación que conforma a la HAS – 200 lleva a cabo un proceso:

- HAS – 201: Estación multicolor
- HAS – 202, HAS – 203 y HAS – 204: Estaciones de producción
- HAS – 205 y HAS – 206: Estaciones de medición
- HAS – 207: Estación de tapado
- HAS – 208: Almacén vertical
- HAS – 209: Almacén horizontal
- HAS – 210: Paletizado
- HAS – 211: Almacén de materia prima
- HAS – 212: Estación de reciclaje

EFICIENCIA: La eficacia consiste en lograr un objetivo en un tiempo determinado, optimizando recursos adecuadamente para cumplir con las metas propuestas de forma más rápida y económica.

EFICACIA: La eficacia consiste en cumplir con los objetivos planteados en un tiempo determinado, a diferencia de la eficiencia no se tiene en cuenta la optimización de recursos.

EFFECTIVIDAD: La efectividad tiene que ver con la eficiencia y la eficacia, es decir pretende cumplir lo planteado en un tiempo determinado, optimizando recursos y además de esto se genera un valor agregado en el tipo de objetivo que se esté cumpliendo.

SIMULACIÓN: La simulación tiene como capacidad el desarrollo de programas que se encarga de repetir características en los comportamientos

del proceso ante las variaciones que tiene cada variable. Esta tiene formas diferentes de ser planteada como el desarrollo de un programa específico, un conjunto de subprogramas y/o programas de carácter general que simulan una clase particular de procesos señalando la técnica más adecuada para la solución de las ecuaciones que se encuentren en dicha simulación.

La simulación tiene lenguajes como lo son:

- Lenguaje maquina más conocido como lenguaje binario compuesto por unos y ceros siendo ejecutado únicamente por el ordenador.
- Lenguaje ensamblador (Lenguaje máquina) es el que tiene símbolos y permite la entrada de letras y palabras.

1.6.3. Marco legal: El marco legal correspondiente con la producción, automatización no es tan del todo estipulado en una manera clara en la ley colombiana, se pueden verificar varios capítulos correspondientes al siguiente decreto, donde se observa, el registro de marca, las patentes la protección de la propiedad intelectual, empresarial, el control de las inversiones según sector o fin de la inversión (Ver tabla 4).

Tabla 4. Marco normativo

LEYES, DECRETOS, NORMAS	DESCRIPCIÓN
DECRETO 2153 DE 1992 (diciembre 30)	Reestructuración superintendencia de industria y comercio
CONPES 3834 LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA ESTIMULAR LA INVERSIÓN PRIVADA EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN 2016	Promover la inversión privada en actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación empresarial
LEY 23 DE 1982 DERECHOS DE AUTOR	Protección de los derechos de autor, teniendo facultades de exclusividad
LEY 29 DE 1990	Fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico
LEY 1286 DE 2009	Fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación

Fuentes: Los autores, 2016.

1.7. MARCO METODOLÓGICO

La investigación a ejecutar es, mixta debido a que es necesario el análisis de métodos cuantitativos pero a la vez de información cualitativa, adicionalmente tiene un fin práctico que combina tanto enfoques inductivos como deductivos, el procedimiento de la investigación consta de los siguientes pasos denotados metodológicamente (Ver tabla 5).

Tabla 5. Marco metodológico

Objetivos específicos	Actividades	Metodología	Técnicas de recolección de datos
Diagnosticar la celda de manufactura HAS-200 para establecer los aspectos que deben ser medidos dentro de la misma	<ul style="list-style-type: none"> • Encontrar artículos, publicaciones o libros. • De los artículos encontrados extraer los más relevantes y hacer una revisión más específica. • Analizar y describir todas las estaciones de la celda junto con sus componentes principales y su modo de operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con el fin de que la información hallada abarque en cierta medida (ya sea amplia o reducida) el tema de automatización de procesos productivo y sus indicadores a un nivel muy general. • De esta manera determinar cuáles son los indicadores utilizados y en qué tipo de procesos son manejados. • Por medio de corridas y prácticas se realizará un estudio en la HAS - 200 en cuanto a los aspectos técnicos y de funcionamiento que nos permita tener un análisis más completo de cada modulo 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitaciones • Desarrollo de prácticas dentro de la celda • Manuales de funcionamiento de la celda HAS - 200 • Entrevistas con docente y monitores
Caracterizar cada uno de los módulos de la celda de manufactura	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar cuáles son las variables más importantes a tener en cuenta a la hora de un proceso 	<ul style="list-style-type: none"> • El diagnóstico se hará por medio de prácticas en las cuales se observará y se llevará a cabo un diagrama que nos indique los 	<ul style="list-style-type: none"> • Consultar el software EDMES • Muestreo estadístico • Observación directa del proceso

	<p>productivo en la celda.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparar las diferentes variables. • Documentar las practicas realizadas 	<p>problemas principales que se encuentran en la HAS-200 en cuanto a indicadores de efectividad se trata</p> <ul style="list-style-type: none"> • De esta forma establecer las más importantes y las que más afectan los procesos de la celda. 	
<p>Establecer las variables necesarias dentro del análisis de cada aspecto a ser medido</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Validación de datos en la planta automatizada. • Comparación celda de manufactura con planta automatizada (Corona o alfares). • Comparar el sistema manual vs el automatizado. 	<p>Se establecerán las variables a partir del diagnóstico realizado determinando qué variables tienen mayor influencia en la celda de manufactura, respecto a su efectividad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de prácticas • Entrevista con el fabricante de la HAS-200 • Bases de datos de EDMES. • Muestreo estadístico
<p>Desarrollar un sistema de indicadores a partir de las variables establecidas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación y selección de indicadores • Análisis de eficiencia del sistema manual y del automatizado. 	<p>Se desarrollarán por medio de las variables debidamente establecidas teniendo en cuenta el sistema Balance ScoreCard</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balance ScoreCard • Bibliografía sobre indicadores
<p>Validar la pertinencia del sistema de indicadores desarrollado, a partir</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de antecedentes • Programación de PLC 	<p>La validación del sistema se realizará por medio de la comparación de los resultados obtenidos en el</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de priorización • Fichas de seguimiento e indicadores. • Datos de salida de

de la implementación de prácticas		Balance Score Card con los resultados esperados en el proceso de la HAS-200. Después de varias corridas y prácticas que se lleven a cabo.	EDMES
-----------------------------------	--	---	-------

Fuente: Los autores, 2016

2. DIAGNÓSTICO

A continuación es posible observar algunas de las herramientas con las que cuenta la celda de manufactura, teniendo en cuenta aspectos significativos para la aplicación que se pretende llevar a cabo en los indicadores, esto con el fin de facilitar el sistema de control de procesos y garantizar una mejor efectividad en la HAS- 200. (Ver tabla 6).

Tabla 6. Diagnóstico

DIAGNÓSTICO			
¿POR QUÉ?	SI	NO	OBSERVACIONES
¿En las estaciones 2, 3 y 4 se tiene un control de la cantidad de materia prima desperdiciada en el momento de realizar el llenado?		X	Según lo observado en la celda de manufactura la materia desperdiciada no tiene ningún control.
¿Tiene la celda un indicador que muestre que control de calidad es más preciso?		X	Según la información con la que se cuenta no es posible determinar en la celda de manufactura cuál de los módulos de calidad es más preciso.
¿Permite la celda obtener información sobre la duración de cada una de las órdenes de producción y sus respectivos botes?	X		En Data base se puede observar los tiempos que tarda un bote en realizar el recorrido, después de ser enviada la producción.
¿El nivel de materia prima es controlado?	X		La función Inventory Tracking controla el nivel de materia prima y el inventario de WIP, mantiene la información sobre los materiales y ofrece información detallada de cada artículo (ID, posición en el proceso, posición en almacén, etc).
¿Es posible realizar más de diez combinaciones diferentes?	X		Es posible realizar hasta 19 tipos de combinaciones, teniendo en cuenta el gramaje y la variación de colores y gramos en el caso del multicolor.
¿En el modo manual es posible recolectar datos?		X	Por medio del sistema no es posible obtener ningún tipo de información a excepción de 3D-Supra que monitorea cada estación.

¿3D- Supra solo opera en modo manual?		X	3D-Supra permite al usuario observar el estado de las máquinas si se está trabajando en modo manual y de igual manera si se trabaja en modo automático.
¿Es posible realizar un mantenimiento preventivo en la celda en modo automático?	X		La función Maintenance Management permite establecer y gestionar diferentes planes de mantenimiento: Preventivo y/o predictivo, gestión de inventario de repuestos , etc.
¿Se pueden modificar estos criterios?	X		Work Order Management permite configurar parámetros relativos a cambios en los pedidos de producción, en el planificador (scheduler), en las cantidades, revisión del tracking, etc.
¿Hay forma de saber cuáles fueron los criterios que se tenían en cuenta para el despacho de las órdenes de producción?	X		Planning System Interface permite al usuario introducir los pedidos de producción de los clientes, así como integrar los datos con el sistema de planificación.
¿Existe una función que controle la calidad de los procesos?			La función control estadístico de procesos (SPC) se centra en el control de la calidad de ambos, del proceso y del producto.

Fuente: Los autores, 2017

3. CARACTERIZACIÓN

La celda de manufactura HAS-200 posee 10 módulos para su proceso de producción los cuales se describirán a continuación (funcionamiento, medidas, sensores):

HAS-201 - Alimentación de botes multicolor

Esta estación suministra al sistema recipientes vacíos de tipo multicolor para ser llenados en las estaciones de producción. Los recipientes, almacenados en un alimentador por gravedad, son extraídos del mismo mediante el empuje de un cilindro y son trasladados hasta la cinta transportadora gracias a una serie de actuadores neumáticos. Incluye el sistema de simulación de averías TROUB-200, que permite generar hasta 16 disfunciones distintas que el usuario deberá diagnosticar. (Ver tabla 7 y 8)

Tabla 7. HAS – 201

HAS-201 900x762x865mm	Módulos	Sensores (tipos y cant.)	Entradas / Salidas
	Alimentación de recipientes Desplazamiento de recipientes Cinta transportadora	Magnético reed (x13) Fotocélula tipo barrera (x2) Fotocélula proximidad (x1) Vacuostato (x1)	Digitales 22/16
	Otros dispositivos (cant.)	Actuadores (tipos y cant.)	
	Caja generación averías (x1) Ventosa (x2) - eyector vacío (x1) Dispositivo serial BCR (x1) Contenedor rechazos (x1)	Lineales neumáticos (x7) Giratorio neumático (x1) Motor CC (x1)	

Fuente: SMC Training, 2017

Tabla 8. Módulo multicolor HAS-201

REFERENCIAS	DESCRIPCIÓN
•SAI5100	HAS-201 Alimentador de botes multicolor con PLC Allen Bradley / ETHERNET
•SAI5110	HAS-201 Alimentador de botes multicolor con PLC Siemens / ETHERNET
•SAI5120	HAS-201 Alimentador de botes multicolor con PLC Omron / ETHERNET

Fuente: SMC Training, 2017

HAS-202, HAS-203 y HAS-204 - Producción

Las estaciones de producción permiten la alimentación, llenado y pesado de los recipientes con los colores azul (HAS-202), amarillo (HAS-203) y rojo (HAS-204).

También posibilitan el llenado de los botes multicolor provenientes de la estación HAS-201. Los recipientes, almacenados en un alimentador por gravedad, son extraídos del mismo mediante el empuje de un cilindro. Se realiza el llenado de los botes con la materia prima almacenada en las tolvas y posteriormente se trasladan hasta la cinta transportadora.

Estas estaciones disponen de báscula de precisión equipada con interface RS-232 para la salida de datos al PLC y con display LCD para la visualización del usuario. (Ver tabla 9 y 10).

Tabla 9. HAS -202, 203 y 204

HAS-202 HAS-203 HAS-204 900x762x865mm	Módulos	Sensores (tipos y cant.)	Entradas / Salidas
	Alimentación de recipientes Desplazamiento de recipientes Módulo dosificación Tolvas Módulo medición Báscula Cinta transportadora	Magnético reed (x15) Fotocélula tipo barrera (x2) Fotocélula proximidad (x2) Fotocélula reflex (x1) Vacuostato (x1)	Digitales 26/22
	Otros dispositivos (cant.)	Actuadores (tipos y cant.)	
	Ventosa (x2) - eyector vacío (x1) Dispositivo serial BCR (x1) Dispositivo serial báscula (x1)) Contenedor rechazos (x1)	Lineales neumáticos (x13) Giratorio neumático (x1) Motor CC (x1)	

Fuente: SMC Training, 2017

Tabla 10. Módulos de producción HAS-202-203-204

REFERENCIAS	DESCRIPCIÓN
•SAI5200	HAS-202 Estación de producción n°1 con PLC Allen Bradley / ETHERNET
•SAI5230	HAS-202 Estación de producción n°1 con PLC Siemens/ ETHERNET
•SAI5240	HAS-202 Estación de producción n°1 con PLC Omron / ETHERNET
•SAI5300	HAS-203 Estación de producción n°2 con PLC Allen Bradley / ETHERNET
•SAI5310	HAS-203 Estación de producción n°2 con PLC Siemens / ETHERNET
•SAI5320	HAS-203 Estación de producción n°2 con PLC Omron / ETHERNET
•SAI5400	HAS-204 Estación de producción n°3 con PLC Allen Bradley / ETHERNET
•SAI5410	HAS-204 Estación de producción n°3 con PLC Siemens / ETHERNET
•SAI5420	HAS-204 Estación de producción n°3 con PLC Omron / ETHERNET

Fuente: SMC Training, 2017

HAS-205 y HAS-206 - Medición

Estas dos estaciones son las encargadas de medir la altura de la materia prima contenida en los recipientes. Se distinguen entre ellas en el modo de realizar la medición de la altura: Una de ellas utiliza un encoder lineal (HAS-205), mientras que la otra realiza la medición mediante un potenciómetro lineal (HAS-206) que genera una medición analógica proporcional al desplazamiento. (Ver tabla 11, 12 y 13).

La concepción del módulo permite el estudio de conceptos relacionados con los cuellos de botella, control de calidad, buffers, control estadístico de procesos, etc.

Tabla 11. HAS-205

HAS-205 900x762x865mm	Módulos	Sensores (tipos y cant.)	Entradas / Salidas
	Módulo medición digital Cinta buffer Cinta transportadora	Magnético reed (x8) Fotocélula proximidad (x1) Vacuostato (x1)	Digitales 15/14 Contaje rápido 1/0
	Otros dispositivos (cant.)	Actuadores (tipos y cant.)	
	Ventosa (x1) - eyector vacío (x1) Relé arranque Motor Buffer (x1) Dispositivo serial BCR (x1) Regulador presión (x1) Contenedor rechazos (x1)	Lineales neumáticos (x8) Cilindro con lectura de carrera (x1) Motor CC (x2)	

Fuente: SMC Training, 2017

Tabla 12. HAS – 206

HAS-206 900x762x865mm	Módulos	Sensores (tipos y cant.)	Entradas / Salidas
	Módulo medición analógico Cinta buffer Cinta transportadora	Magnético reed (x8) Fotocélula proximidad (x1) Vacuostato (x1)	Digitales 15/14 Analógicas 1/0
	Otros dispositivos (cant.)	Actuadores (tipos y cant.)	
	Ventosa (x1) - eyector vacío (x1) Relé arranque Motor Buffer (x1) Potenciómetro lineal (x1) Dispositivo serial BCR (x1) Contenedor rechazos (x1)	Lineales neumáticos (x9) Motor CC (x2)	

Fuente: SMC Training, 2017

Tabla 13. Módulos de control de calidad HAS-205-206

REFERENCIAS	DESCRIPCIÓN
•SAI5500	HAS-205 Estación de medición n°1 con PLC Allen Bradley / ETHERNET
•SAI5510	HAS-205 Estación de medición n°1 con PLC Siemens/ ETHERNET
•SAI5520	HAS-205 Estación de medición n°1 con PLC Omron / ETHERNET
•SAI5600	HAS-206 Estación de medición n°2 con PLC Allen Bradley / ETHERNET
•SAI5610	HAS-206 Estación de medición n°2 con PLC Siemens / ETHERNET
•SAI5620	HAS-206 Estación de medición n°2 con PLC Omron / ETHERNET

Fuente: SMC Training, 2017

HAS-207 - Colocación de tapa

En esta estación se coloca la tapa en posición correcta y se imprime una etiqueta con la fecha de fabricación y otras informaciones para identificar el producto final.

Las tapas son almacenadas en un alimentador por gravedad, del cual son extraídas y colocadas sobre el bote. Una impresora realiza suministro de etiquetas para colocarlas en la parte superior de la tapa una vez cerrado el recipiente. En dicha etiqueta, el usuario puede personalizar por medio del programa del PLC el tipo de leyenda a imprimir (Fecha, caducidad, etc.) (Ver tabla 14 y 15).

Tabla 14. HAS-207

HAS-207 900x762x865mm	Módulos	Sensores (tipos y cant.)	Entradas / Salidas
	Alimentación de tapas Manipulador inserción tapa/etiqueta Cinta transportadora	Magnético reed (x10) Fotocélula tipo barrera (x1) Fotocélula proximidad (x1) Vacuostato (x3)	Digitales 20/15
	Otros dispositivos (cant.)	Actuadores (tipos y cant.)	
	Ventosa (x5) - eyector vacío (x3) Soplador por válvula rodillo (x1) Dispositivo serial BCR(x1) Impresora térmica(x1) Contenedor tapas rechazos (x1)	Lineales neumáticos (x10) Motor CC (x1)	

Fuente: SMC Training, 2017

Tabla 15. Módulo de tapado HAS-207

REFERENCIAS	DESCRIPCIÓN
•SAI5700	HAS-207 Estación de colocación de tapa con PLC Allen Bradley / ETHERNET
•SAI5710	HAS-207 Estación de colocación de tapa con PLC Siemens / ETHERNET
•SAI5720	HAS-207 Estación de colocación de tapa con PLC Omron / ETHERNET

Fuente: SMC Training, 2017

HAS-209 - Almacén horizontal

Cuenta con un eje eléctrico servocontrolado y otro accionado con motor paso-paso. Permite almacenar hasta 56 recipientes, tanto de producto terminado como de semielaborados.

Dispone de un terminal de operador (HMI) para facilitar el interfaz con el usuario. Éste permitirá realizar en modo manual las gestiones de movimiento de los recipientes dentro de las diferentes celdas, su traslado a la cinta de transporte, la visualización del almacén, etc. (Ver tabla 16 y 17).

Tabla 16. HAS - 209

HAS-209 900x762x865mm	Módulos	Sensores (tipos y cant.)	Entradas / Salidas
	Módulo de almacén Cinta transportadora	Magnético reed (x3) Fotocélula proximidad (x1)	Digitales 29/25
	Otros dispositivos (cant.)	Actuadores (tipos y cant.)	
	Pinza neumática (x1) Terminal de operador o HMI (x1) Dispositivo serial BCR(x1) Driver posicionador (x2) Regulador de presión (x1)	Lineales neumáticos (x4) Eje eléctrico servo-controlado (x1) Eje eléctrico motor paso-paso (x1) Motor CC (x1)	

Fuente: SMC Training, 2017

Tabla 17. Módulo de almacenamiento horizontal HAS-209

REFERENCIAS	DESCRIPCIÓN
•SAI5900	HAS-209 Estación de almacenaje horizontal con PLC Allen Bradley / ETHERNET
•SAI5910	HAS-209 Estación de almacenaje horizontal con PLC Siemens / ETHERNET
•SAI5920	HAS-209 Estación de almacenaje horizontal con PLC Omron / ETHERNET

Fuente: SMC Training, 2017

HAS-210 - Paletizado

Esta estación realiza la función de retirada del proceso de producto final, ubicándolo en dos rampas de paletizado y expedición. El producto final se agrupa en bloques de cuatro unidades, despachando los mismos una vez completo dicho lote.

Incluye el sistema de simulación de averías TROUB-200, que permite generar hasta 16 disfunciones distintas que el usuario deberá diagnosticar. (Ver tabla 18 y 19).

Tabla 18. HAS - 210

HAS-210 900x762x865mm	Módulos	Sensores (tipos y cant.)	Entradas / Salidas
	Manipulador traslado recipiente Módulo plataforma Cinta transportadora	Magnético reed (x9) Fotocélula proximidad (x1) Vacuostato (x1)	Digitales 16/12
	Otros dispositivos (cant.)	Actuadores (tipos y cant.)	
	Caja generación averías (x1) Ventosa (x1) - eyector vacío (x1) Dispositivo serial BCR(x1)	Lineales neumáticos (x10) Motor CC (x1)	

Fuente: SMC Training, 2017

Tabla 19. Módulo de paletizado HAS-210

REFERENCIAS	DESCRIPCIÓN
•SAI5000	HAS-210 Estación de paletizado y expediciones con PLC Allen Bradley / ETHERNET
•SAI5011	HAS-210 Estación de paletizado y expediciones con PLC Siemens / ETHERNET
•SAI5020	HAS-210 Estación de paletizado y expediciones con PLC Omron / ETHERNET

Fuente: SMC Training, 2017

HAS - 212 - Estación de reciclaje

HAS - 212 completa el proceso de producción reciclando la materia prima utilizada para un nuevo uso.

Esta estación clasifica la materia prima mezclada en diferentes contenedores en función del color. Se introducen las "perlas" mezcladas dentro de un contenedor con vibración y movimiento rotatorio. Éste las expulsa de forma unitaria a una cinta de transporte y mediante sensores cromáticos y soplado son separadas en tolvas por colores. (Ver tabla 20 y 21)

Tabla 20. HAS – 212

HAS-212 900x762x865mm	Módulos	Otros dispositivos (cant.)
	Alimentador perlas por vibración Cinta transportadora perlas Cinta transportadora	Soplador por válvula (x3) Alimentador vibratorio (x1) Relé arranque motor (x1) Regulador presión (x1)
	Sensores (tipos y cant.)	Entradas / Salidas
	Sensor color fibra digital (x3)	Digitales 8/8

Fuente: SMC Training, 2017

Tabla 21. Módulo de reciclaje HAS-212

REFERENCIAS	DESCRIPCIÓN
•SAI5980	HAS-212 Estación de reciclaje con PLC Allen Bradley / ETHERNET
•SAI5979	HAS-212 Estación de reciclaje con PLC Siemens / ETHERNET
•SAI5978	HAS-212 Estación de reciclaje con PLC Omron / ETHERNET

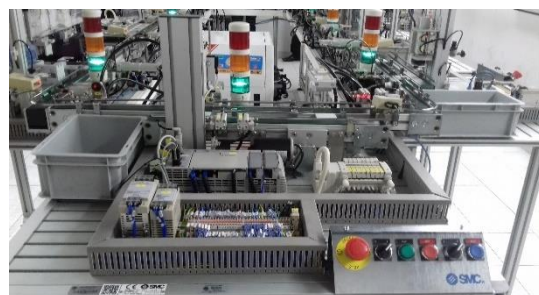
Fuente: SMC Training, 2017

A continuación se evidencia por medio de fotografías con que módulos cuenta la celda de la Universidad Libre:

Figura 14. Módulo de producción



Fuente: Los autores, 2017



Fuente: Los autores, 2017

Figura 15. Módulo tapado y etiquetado

Figura 16. Módulo digital de calidad



Fuente: Los autores, 2017



Fuente: Los autores, 2017

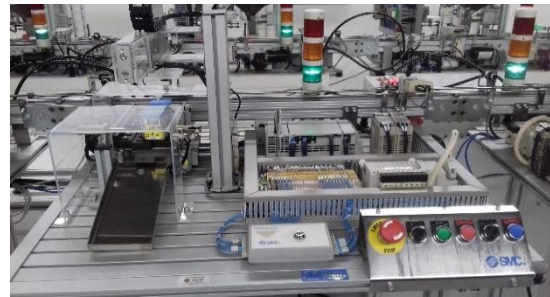
Figura 17. Módulo almacén

Figura 18. Módulo Análogo de calidad



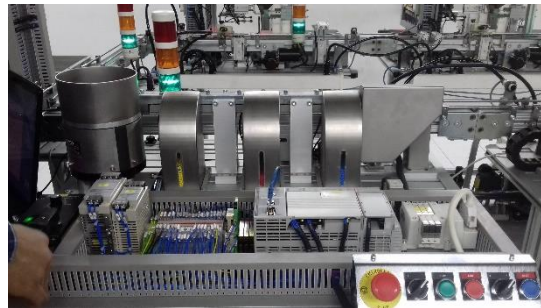
Fuente: Los autores, 2017

Figura 19. Módulo paletizado



Fuente: Los autores, 2017

Figura 20. Módulo de reciclaje



Fuente: Los autores, 2017

Nota: En esta caracterización no se incluye el almacén vertical (HAS-208) ya que la celda que se encuentra en la Universidad Libre no cuenta con este módulo. Tampoco se muestra el almacén de materia prima (HAS-211) ya que la materia prima de las “perlas” se encuentra en las tolvas, las tapas en el módulo de tapado y los botes de llenado en sus respectivos módulos dependiendo del color.

4. VARIABLES

Las variables presentes en la celda son todas las posibles combinaciones de los productos que puede fabricar esta, siendo así, serían las que se presentan en la tabla 22 y la tabla 23.

Tabla 22. Combinación de producción unicolor

Peso/Color	Azul	Amarillo	Rojo
15 gr.	X1	X2	X3
30 gr.	X4	X5	X6
45 gr.	X7	X8	X9

Fuente: Los autores. 2017

Tabla 23. Combinación de producción multicolor

Azul	Amarillo	Rojo	Variable
15 gr.	15 gr.	15 gr.	X10
15 gr.	15 gr.	-	X11
-	15 gr.	15 gr.	X12
15 gr.	-	15 gr.	X13
15 gr.	30 gr.	-	X14
30 gr.	15 gr.	-	X15
15 gr.	-	30 gr.	X16
30 gr.	-	15 gr.	X17
-	15 gr.	30 gr.	X18
-	30 gr.	15 gr.	X19

Fuente: Los autores. 2017

Otra variable presente en la celda es la cantidad de botes rechazados en cada uno de los módulos que despachan estos (Multicolor, Azul, Amarillo y Rojo). Esta variable se clasificaría como la variable X20.

5. PARÁMETROS

Los parámetros a tener en cuenta en la celda de manufactura son los que se presentan en la tabla 24.

Tabla 24. Parámetros

Tapas	Son las cantidad de tapas que se encuentran disponibles en el módulo de tapado (HAS-207) de acuerdo al número de botes existentes en los módulos de producción (HAS 201, 202, 203 y 204)
Espacio	Es el espacio disponible que se encuentra en el módulo de paletizado de la celda (HAS-210) respecto a la cantidad de botes terminados satisfactoriamente
Sensores	En cada uno de los módulos de la celda de manufactura existe un sensor o lector de código de barras que si no está en el lugar correcto puede tardar en la lectura de estos códigos y generar colas en el proceso
Energía	Este parámetro de energía se refiere a la energía eléctrica que se requiere para que la celda funcione
Desperdicio	La materia prima básica en el proceso de producción de la celda son las perlas, cuando se inicia el proceso y las tolvas empiezan a distribuir las perlas en los botes algunas caen por fuera del bote generando desperdicio de materia prima.
Botes	Son las cantidad de botes que se encuentran disponibles en los cuatro primeros módulos, de la celda de manufactura HAS – 200.
PLC'S	Programación para el control automático.
Actuadores	Se encargan de dar paso a los botes que se están produciendo.
Tiempo	La cantidad de tiempo que se demora procesar una orden de producción de principio a fin.
Básculas	Son las encargadas de obtener el peso

	tanto del bote como de la materia prima que se encuentra en el.
Reciclaje	Porcentaje de error que posee el módulo de reciclado cuanto hace este proceso.
Control de calidad	Cuántos botes son los que deberían estar pasando por cada uno de los módulos de control de calidad

Fuente: Los autores. 2017

6. APLICATIVO

La herramienta aplicativa que se desarrollo fue llevada a cabo en Excel (Véase Anexo 2). Es un documento fácil de manejar y sencillo de entender puesto que los indicadores que intervienen son básicos, se conoce la información y las características esto para determinar la evolución y tener un punto de referencia con el fin de seguir el procedimiento y adicionalmente poder analizar las diferentes situaciones que se presentan en la celda de manufactura HAS – 200.

Los indicadores que se tendrán en cuenta en el aplicativo son:

- Precisión de reciclaje
- Velocidad
- Índice de calidad
- Peso determinado
- Falla técnica
- Precisión de lectores
- Tiempos de producción
- Nivel de confianza
- Cumplimiento de ordenes programadas
- Nivel de ocupación de los módulos
- Cumplimiento de mantenimiento

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Daneiri, P. A. (Ed.). (enero 2008). PLC: Automatización y control industrial Hispano Americana HASA.

2. EDMES Manual User Edition. (Noviembre 2009). Manual de usuario de EdMES educational management execution system. versión 2.0.
3. J.E. Carr, M. H. (2008). An empirical study of performance measurement systems in manufacturing companies.
4. SMC. Sistema altamente automatizado. Recuperado de <http://www.smctraining.com/webpage/indexpage/172>
5. Luis Anibal Mora Garcia (Ed.). (diciembre de 2008). Gestión logística integral (primera edición ed.). Colombia - Bogotá, D.C.: Ecoe Ediciones.
6. Base de Datos. Fundamentos informáticos. Recuperado de <https://fundamentosinformaticosjl.wordpress.com/category/base-de-datos/>
7. Alok Mathur, G.S. Dangayach, M.L. Mittal and Milind K. Sharma. (2011). Performance measurement in automated manufacturing Available from ProQuest.
8. Patrik Jonsson and Magnus Lesshammar. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE Available from ProQuest.
9. Álvarez, María., Chávez, Mirna., Moreno, S. (2004). El balanced scorecard, una herramienta para la planeación estratégica.
10. Albarracín Alfonso., Aponte Karen., Limas, Sandra. (2013). Desarrollo de una aplicación computacional bajo algoritmos genéticos para la secuenciación de trabajos/órdenes de la celda de manufactura HAS-200 de la universidad libre seccional Bogotá Available from ProQuest.
11. Karuppana Gounder Eswaramurthi and Pidugun Venkatachalam Mohanram. (2013). Improvement of manufacturing performance measurement system and evaluation of overall resource effectiveness.
12. Salgueiro Anabitarte, Amado. (2001). Indicadores de Gestión y Cuadro de Mando.
13. Creus Solé, Antonio. (1989). Simulación de Procesos con PC.